



**Centro Universitário de Brasília
Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento - ICPD**

AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DE DUAS EDIFICAÇÕES IRREGULARES DE USO MISTO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO GDE (GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO)

Gabriel Leal Machado *

RESUMO

Este artigo relata um processo de verificação do grau de deterioração da estrutura de concreto armado de duas edificações de uso misto distintas, conduzido a partir da metodologia de Klein et al. (1991) e adaptada em alguns trabalhos de mestrado realizados na Universidade de Brasília (UnB). O método visa avaliar as manifestações patológicas estruturais existentes segundo sua classificação, intensidade e relevância do elemento. Essa avaliação converte cada um dos danos em valores numéricos que conforme algumas tabelas é possível verificar o grau de deterioração em que se encontra cada elemento e a estrutura como um todo. Devido à restrição de acesso às áreas particulares das edificações este trabalho foi executado apenas nas áreas externas e áreas comuns das edificações. Os resultados apontam que o primeiro edifício vistoriado obteve grau de deterioração (Gd) de 42, principalmente devido à deterioração entre os pilares, não sendo encontrada deterioração relevante nas lajes, enquanto o segundo Edifício apresentou Gd de 45, sendo o grau de deterioração mais elevado nas vigas e nas lajes. De acordo com os resultados obtidos na execução do método, foi possível constatar a carência de qualidade durante a construção e uso dos edifícios.

Palavras-chave: Grau de deterioração da estrutura. Manifestação patológica. Nível de deterioração.

* Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, execução e manutenção de edificações, sob orientação da Prof^a. Dra. Neusa Mota

1 INTRODUÇÃO

Com a demanda existente por imóveis e a pressa para construção, é comum as construtoras não levarem em consideração o período de manutenção após entrega das unidades. Porém, é responsabilidade das empresas e dos usuários não apenas considerar as fases do projeto junto à execução, como também manter a qualidade da edificação por meio de reformas periódicas e correta utilização da construção durante sua vida útil. Mesmo sabendo que terão de arcar com essa responsabilidade, muitos a ignoram ou simplesmente vão adiando como podem, pensando que esses custos não irão pesar em seu orçamento.

Por outro lado, existe uma crescente preocupação com a área de manutenção das edificações, que está se desenvolvendo com o auxílio de Normas Brasileiras para suprir as necessidades dos usuários. Como por exemplo, a ABNT NBR 15575:2013 – Desempenho de Edificações Habitacionais e a ABNT NBR 5674:2012 – Manutenção de Edificações.

Neste trabalho apresentam-se as manifestações patológicas estruturais de duas edificações localizadas no Setor Habitacional de Samambaia. Os prédios não possuem autorização do Governo de Brasília para construção e seu acervo de documentação técnica se encontra incompleto.

A idéia deste trabalho consiste no levantamento das manifestações patológicas presentes na estrutura das edificações e verificar o grau de deterioração aparente tanto dos elementos estruturais quanto do edifício, de forma que seja determinado o nível de segurança em que esses moradores se encontram.

Para isto, apresenta-se a seguinte pergunta: De que forma é possível estimar um nível de deterioração equivalente ao estado da estrutura dos edifícios?

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo analisar o nível de degradação de duas edificações de uso misto a partir do método GDE (Grau de Deterioração do Elemento) e comparar seus resultados.

A partir do objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Verificar as manifestações patológicas estruturais presentes;
- b) Dividir as estruturas em diferentes famílias (Pilar, laje, viga);

- c) Calcular o grau de deterioração de cada elemento e em seguida de cada família;
- d) Calcular o grau de deterioração da estrutura.
- e) Comparar a deterioração da estrutura de cada edifício.

O presente trabalho foi estruturado conforme as seguintes seções: a seção um, apresenta introdução; na seção dois, é apresentada uma breve descrição do Método do Grau de Deterioração da Estrutura, seguido por importantes autores que fizeram alterações no método inicial; na seção três apresenta-se o estudo de caso das duas edificações, chamadas de Edifício A e Edifício B; a quarta seção descreve de forma clara as manifestações patológicas mais comuns encontradas nas estruturas de concreto armado e a metodologia utilizada para atingir o grau de deterioração de cada estrutura; na seção 5 é fornecida a conclusão para os resultados encontrados na seção anterior e gráficos comparativos das manifestações patológicas; na seção 6, é encontrada a conclusão do estudo apresentado.

2 MÉTODO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DA ESTRUTURA (GDE)

O método “grau de deterioração da estrutura” (Gde) foi criado no Brasil e apresentada durante a XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural por Klein et al. em 1991, que ocorreu em um convênio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul com a Prefeitura de Porto Alegre.

Tendo em vista o potencial de uso desse método no Brasil, foi desenvolvida, uma metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado em que a adequação consistiu em substituir os sistemas de pontes e viadutos por estruturas usuais de concreto armado.

Com o objetivo de assegurar a confiabilidade da metodologia criada por Klein et al. (1991), sobre a verificação do grau de deterioração de estruturas de concreto armado, esse método passou por algumas alterações em suas fórmulas para que pudesse ser mais preciso em seus resultados.

2.1 Proposição de Castro (1994)

A metodologia desenvolvida por Klein et al. (1991) tem “o objetivo de implementar um processo de vistorias sistematizadas em pontes e viadutos para manutenção periódica e priorização das intervenções necessárias” (CASTRO, 1994, p. 33).

Em sua dissertação de mestrado Castro (1994) propõe alterações no Método GDE original, adaptando-o para edificações usuais com estrutura de concreto armado. Dentre as mudanças constam:

- Adição de possíveis famílias de elementos (juntas de dilatação, elementos de composição arquitetônica, reservatório superior e inferior etc);
- Alteração em alguns valores da escala de ponderação para retratar melhor a realidade das estruturas convencionais de concreto armado;
- Classificação mais detalhada na determinação do grau de intensidade de cada tipo de dano.
- Exclusão dos elementos com GDE < 15 para cálculo do Grau de deterioração da família;
- Adaptação do fator de relevância dos elementos conforme critérios sugeridos por Fusco (1976).

2.2 Proposição de Lopes (1998) e Boldo (2002)

Os engenheiros Benedito Arruda Ribeiro Lopes e Plinio Boldo, fizeram uso do Método GDE adaptado por Castro (1994) em suas dissertações de mestrado. O primeiro em 1998 usou em seis prédios de uso comercial de propriedade do Banco do Brasil S.A. e o segundo em 2002, com apoio da Diretoria de Obras Militares (DOM), inspecionou 40 estruturas. Além disso, fizeram importantes sugestões de alteração no método de Castro (1994) visando maior abrangência e facilidade em sua aplicação. Algumas dessas alterações, de maior relevância para o presente trabalho, serão listadas abaixo:

- Acréscimo de danos e alteração nos fatores de ponderação de outros danos, tornando os valores mais harmonicos;

- Alteração na fórmula do cálculo do grau de deterioração de um elemento (GDE) e no grau de deterioração da família. Dessa forma, “obtem-se uma resposta de evolução do grau de deterioração do elemento de forma menos abrupta” (LOPES, 1998, p.75);

3 ESTUDO DE CASOS

Para aplicação do método proposto neste trabalho, é importante esclarecer as características básicas e estruturais das edificações em estudo, como sua idade, destinação, material da estrutura, número de pavimentos, metragem, tipo de alvenaria, entre outras características. Em seguida, serão apresentados os estudos de caso de cada edificação.

3.1 Edifício A

Localizado no Setor Habitacional de Samambaia, Chácara 51, Lote 2, o edifício começou a ser construído em 2001 e foi finalizado em 2003. É constituído de lojas e apartamentos no térreo e acima possui 3 pavimentos tipo residenciais, totalizando 39 apartamentos e 6 lojas, sua metragem é de aproximadamente 2800m². Visto que o edifício possui apenas uma ART e uma planta baixa dos pavimentos tipos, ambos em mau estado, não foi possível obter todas as características construtivas do prédio, porém, foi observada a existência de pilares, vigas e lajes em concreto armado, com fechamento em alvenaria de blocos cerâmicos. A seguir apresentam-se a localização e fachada do edifício nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Localização do Edifício A.



Fonte: Google Earth (Imagem obtida no dia 15/11/2017)

Figura 2 – Fachada do Edifício A.



Fonte: Produzido pelo Autor.

3.2 Edifício B

Localizado no Setor Habitacional de Samambaia, Chácara 126, Lote A, foi finalizado em 2003, composto por 6 pavimentos, sendo o térreo utilizado para lojas e apartamentos residenciais e os outros 5 pavimentos são exclusivamente residenciais, totalizando 4 lojas e 29 apartamentos, possui aproximadamente

2500m². Sua estrutura é de concreto armado com fechamento em alvenaria de blocos cerâmicos.

É importante ressaltar que devido à falta de recursos a obra teve que ser paralisada e foi retomada com o passar do tempo, pois alguns apartamentos já tinham sido vendidos e os próprios compradores tiveram que finalizar a obra, já que o construtor inicial havia abandonado a construção. A seguir apresentam-se as Figuras 3 e 4 com a localização e fachada do edifício.

Figura 3 – Localização do edifício B.



Fonte: Google Earth (Imagem obtida no dia 15/11/2017)

Figura 4 – Fachada do edifício B.



Fonte: Produzido pelo Autor.

4 METODOLOGIA ADOTADA

Nesta parte do trabalho serão apresentadas as descrições gerais dos danos encontrados nas estruturas de concreto armado, da pesquisa e da coleta de dados necessários para aplicação proposta pelo GDE.

4.1 Tipos de danos em estruturas

Apresenta-se em seguida no Quadro 1 conforme a dissertação de mestrado de Benedito Arruda Ribeiro Lopes de forma clara e sucinta, os danos mais frequentes verificados em estruturas de concreto armado:

Quadro 1a – Conceitos de patologias frequentes nas estruturas de concreto armado.

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	CONCEITO
SEGREGAÇÃO	Deficiência de concretagem, com exposição de agregados, devido a um ou mais dos seguintes problemas: dosagem inadequada, diâmetro máximo característico do agregado graúdo não condizente com as dimensões da peça, lançamento e adensamento inadequados e taxas excessivas de armaduras;
LIXIVIAÇÃO/EFLORESCÊNCIA	Percolação de água ou soluções através do concreto ou sobre o concreto, provocando carreamento de materiais. Aparecimento de manchas brancas na superfície, proveniente das águas que penetram no concreto, carregando a cal liberada na hidratação do cimento, que é extremamente solúvel em águas, principalmente puras e brandas. Ocorrem frequentemente nas fissuras em lajes, podendo, com o tempo formar estalactites;
DESAGREGAÇÃO	Fenômeno característico de ataque químico no concreto com perda da capacidade aglomerante da pasta, causando a separação dos agregados;
ESFOLIAÇÃO	Ocorrência de lascas que se destacam do concreto por vários motivos, como por exemplo: proveniente de choques, por corrosão da armadura, por pressão ou expansão no interior do concreto, etc.;

Fonte – adaptada de Lopes (1998, p. 63).

Quadro 1b – Conceitos de patologias frequentes nas estruturas de concreto armado.

CARBONATAÇÃO	O dióxido de carbono, CO ₂ , presente no ar, penetra através da rede de poros do concreto e reage com os constituintes alcalinos da pasta de cimento, principalmente com o hidróxido de cálcio. A carbonatação da cal reduz o pH da fase aquosa do concreto e provoca a despassivação das armaduras. Pode ser detectado por meio de um ensaio simples, através da utilização da fenolftaleína como indicador. A parte carbonatada do concreto fica incolor (pH < 8,5) e a parte não carbonatada permanece vermelho carmim;
FISSURAÇÃO INACEITÁVEL	NB-1/78 – considera-se que a fissuração é nociva quando a abertura das fissuras na superfície do concreto ultrapassa os seguintes valores: 0,1mm (peça não protegida em meio agressivo); 0,2mm (peça não protegida em meio não agressivo); 0,3mm (peça protegida);
FLECHA EXCESSIVA	NB-1/78 – considera: 1) Para carga total (permanente + sobrecargas) flechas < 1/300 do vão e < 1/500 do comprimento do balanço; 2) para cargas acidentais flechas < 1/500 do vão e < 1/250 do comprimento do balanço;
DESVIO DE GEOMETRIA	Prumo: verticalidade das peças estruturais, com evidência para pilares; Excentricidade: quando possível, observar a ocorrência, nas zonas de interrupção de concretagem, de desvio das seções de peças estruturais subsequentes; Furos Passantes: existência de furos, não previstos em projeto, para passagem de instalações elétricas, hidráulicas, sanitárias, ar condicionado, etc., que podem comprometer a segurança estrutural e expor a armadura ao meio ambiente, propiciando a sua corrosão; Nível: horizontalidade das peças estruturais;
COBRIMENTO DEFICIENTE	NB-1/78 – considera-se que qualquer barra da armadura, inclusive de distribuição, de montagem e estribos, deve ter cobrimento de concreto pelo menos igual ao seu diâmetro, mas não menor que: 1) Revestidas internas: lajes [0,5 cm]; paredes [1,0 cm]; vigas, pilares e arcos [1,5 cm]; 2) Revestidas externas: lajes e paredes [1,5 cm]; vigas, pilares e arcos [2,0 cm]; 3) Aparente: internas [2,0 cm] e externas [2,5 cm]; 4) Em contato com o solo [3,0 cm] e 5) Em meio agressivo [4,0 cm];
CORROSÃO	Manifestada, no início, pelo aparecimento de manchas marrom avermelhadas ou esverdeadas na superfície do elemento estrutural, devido à lixiviação dos óxidos de corrosão formado sobre as armaduras, e agravada nos demais estágios, até a perda total da seção da armadura por desagregação;

Fonte – adaptada de Lopes (1998, p. 64).

Quadro 1c – Conceitos de patologias frequentes nas estruturas de concreto armado.

CLORETO (PRESENÇA)	Devido ao emprego de aditivos à base de cloretos na execução do concreto, principalmente em pré-moldados, ou à penetração de cloretos provenientes do meio ambiente (como, por exemplo, regiões marítimas), ou contaminação. Como consequência, pode-se ter: sifuras generalizadas sobre a armadura e manchas escurecidas, devido à retenção de umidade, criando fungos no concreto;
MANCHA	Devido ao depósito sobre a superfície de fungos, mofo, etc., por exemplo, manchas negras nas fachadas;
DEFORMAÇÃO LENTA	Deformação progressiva do concreto em função do tempo, sob ação de carga constante (permanente e acidental);
SOBRECARGA	Decorrente de todas ações que podem atuar sobre a estrutura, incluindo-se o uso impróprio, em que são desobedecidas as restrições de projeto (norma NBR 6120) para o seu carregamento (pessoas, móveis, veículos, etc.), devendo-se supor a probabilidade de ocorrência simultânea destes elementos. Pode haver necessidade de se considerar outras cargas, como vento, efeitos térmicos, neve, etc., que, por se tratarem de fatores climáticos e sujeitos a variações sazonais, devem ser consultados bancos de dados climatológicos da região;
AGRESSÃO AMBIENTAL	Classes de exposição segundo o código modelo do CEB (1991): 1 – Ambiente Seco; 2 – Ambiente Úmido: A (com geada) e B (sem geada); 3 – Ambiente úmido com geada e sujeito a agentes de degelo; 4 – Ambiente marinho: A (com geada) e B (sem geada); 5 – Ambiente Quimicamente agressivo (gás, líquido ou sólido): A (ligeiramente agressivo), B (moderadamente agressivo) e C (altamente agressivo);
INFILTRAÇÃO/VAZAMENTO	Penetração de umidade ou líquidos no concreto, devido à existência de falhas de execução, de impermeabilização, fissuras, alta permeabilidade, falta de proteção ao elemento, etc.;
RECALQUE/DESLOCAMENTO	Movimentação estrutural em função de deformação excessiva e/ou diferencial do solo, por mau dimensionamento das fundações, sobrecargas excessivas, infiltrações ou elevação do lençol freático;

Fonte – adaptada de Lopes (1998, p. 65).

Quadro 1d – Conceitos de patologias frequentes nas estruturas de concreto armado.

NINHO DE CONCRETAGEM	Regiões com concreto de baixa compacidade ou ausência do concreto devido a falhas nas operações de lançamento e adensamento, vazamento de formas, densidade da armadura, etc., comprometem a resistência do concreto, sua aderência à armadura, ou potencializam a ação degenerativa ambiental. Com maior incidência em partes inferiores de vigas, pilares, paredes estruturais, e na região de encontros entre estes elementos. Detecção visual ou auscultação por impacto de martelo;
ESMAGAMENTO	Ruptura com maceramento do concreto, em função de carga excessiva para a resistência da peça, ou devido a movimentação da superestrutura;
JUNTA DANIFICADA	Preenchimento da junta de dilatação com material rígido ou com baixo módulo de elasticidade, ocasionando tensões indesejáveis à estrutura. Junta mal dimensionada ou sem impermeabilização.
JUNÇÃO DE ELEMENTOS	Ocorrência de fixação de elementos estruturais a outros, elaborados em épocas diferentes, havendo junção entre concreto novo e velho ou outro material, sem a necessária aderência ou compatibilização.

Fonte – adaptada de Lopes (1998, p. 66).

4.2 Método GDE

Realizou-se inspeção dos edifícios para verificar manifestações patológicas ligadas à estrutura dos prédios e anamnese feita com moradores e funcionários, executando o registro fotográfico dos danos encontrados para posteriormente calcular por meio de equações o grau de deterioração de cada elemento e de toda a estrutura.

4.2.1 Pesquisa e coleta de dados

Foi feita a visita e inspeção das edificações no dia 3 de abril de 2017 com o apoio da professora e engenheira Gabriela Duboc e do estudante de engenharia civil Rafael Soares da Silva.

Para a inspeção, seguiu-se um método padronizado, sendo feita a verificação e registro fotográfico de todas as manifestações patológicas encontradas que se iniciou pela verificação das fachadas, posteriormente do último andar do edifício para em seguida fazer a verificação e registro dos andares abaixo. Infelizmente não foi possível ter acesso às áreas privativas dos edifícios nem à cobertura de um deles.

Após analisar todos os registros fotográficos, foram retiradas as manifestações patológicas que não eram estruturais, como por exemplo o tamanho do corredor inferior ao mínimo, gesso descascando, cerâmica do piso quebrada, escada com degraus irregulares, entre outros.

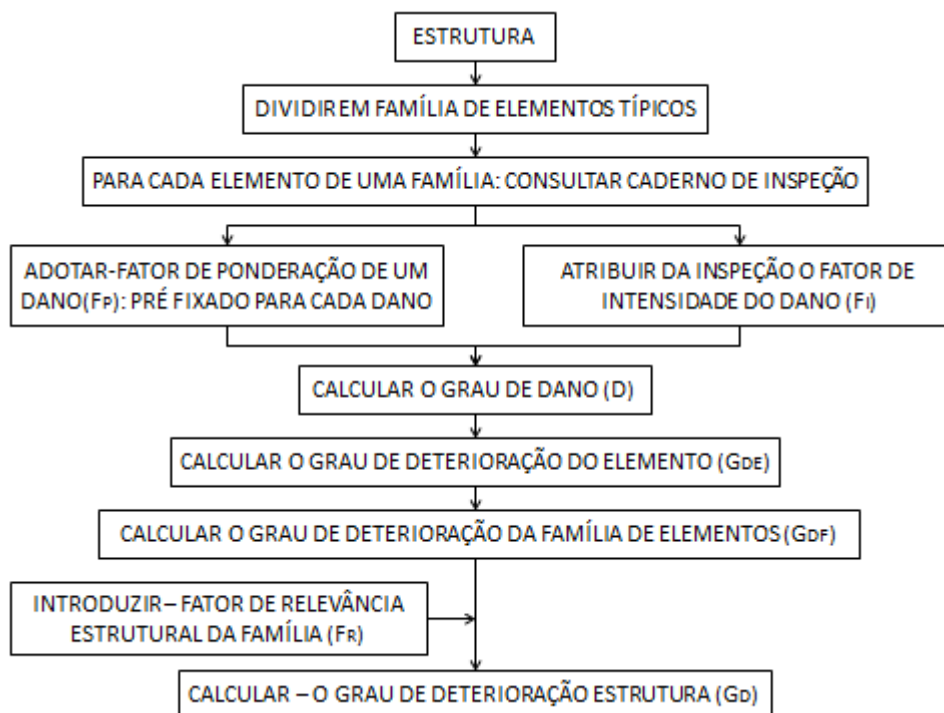
As manifestações patológicas estruturais encontradas, foram classificadas em diferentes famílias, sendo elas, pilares, vigas e lajes. Apesar de existirem outras possíveis famílias como: escadas, juntas de dilatação, reservatórios, entre outras, não foram encontradas manifestações patológicas estruturais ou não foi possível vistoriar as mesmas, logo, não entrarão no estudo.

4.2.2 Execução do método GDE

De acordo com o Método GDE, para classificação do grau de deterioração, é necessário especificar o tipo de manifestação patológica encontrada em cada elemento estrutural, para que assim, seja calculado de acordo com seu grau de importância, o nível de criticidade dos elementos, que posteriormente refletem no grau da sua família e de toda a estrutura.

Para execução do método, é praticada a metodologia de acordo com o Fluxograma 1, que fornece os passos a serem seguidos em cada etapa até a conclusão do grau de deterioração da estrutura.

Fluxograma 1 - Avaliação quantitativa da estrutura.



Fonte: Castro (1994, p. 56).

Após a especificação das manifestações patológicas e a divisão das famílias dos elementos, as quais foram divididas entre pilares, lajes e vigas, consultou-se o caderno de inspeção para verificar o fator de ponderação (F_p) pré determinado para cada tipo de dano, além de sua respectiva intensidade. Para o fator de ponderação, são dados valores de 1 a 10 para cada tipo de manifestação patológica existente no concreto armado, variando também de acordo com a família em que o problema se encontra. Visando abranger todos os possíveis problemas, as patologias existentes no caderno de inspeção são: carbonatação, cobrimento deficiente, contaminação por cloretos, corrosão de armaduras, desagregação, deslocamento por empuxo deslocamento, desvio de geometria, eflorescência, esfoliação, falha de concretagem, fissuras, impermeabilização deficiente, infiltração, manchas, recalque, sinais de esmagamento, umidade na base, flechas, segregação, umidade, vazamentos, obstrução de junta, entre outras, apresenta-se para as famílias de pilares, vigas e lajes os respectivos valores do fator de ponderação no Quadro 2.

Quadro 2 – Fator de ponderação para os pilares, vigas e lajes.

Pilares		Vigas		Lajes	
Danos	Fp	Danos	Fp	Danos	Fp
Carbonatação	7	Carbonatação	7	Carbonatação	7
Cobrimento deficiente	6	Cobrimento deficiente	6	Cobrimento deficiente	6
Contaminação por cloretos	10	Contaminação por cloretos	10		10
Corrosão de armaduras	7	Corrosão de armaduras	7	Contaminação por cloretos	7
Desagregação	7	Desagregação	7	Corrosão de armaduras	7
Desvio geométrico	8	Eflorescência	5	Desagregação	3
Eflorescência	5	Esfoliação	8	Eflorescência	8
Esfoliação	8	Fissuras	10	Esfoliação	10
Fissuras	10	Flechas	10	Fissuras	10
Infiltração na base	6	Infiltração	6	Flechas	6
Manchas	5	Manchas	5	Infiltração	5
Recalque	10	Segregação	4	Manchas	5
Segregação	6			Segregação	
Sinais de esmagamento	10				

Fonte: Boldo (2002).

Além do fator de ponderação, deve ser mensurado um valor para o fator de intensidade do dano, que vai de 0 a 4, em que 0 significa que o elemento não contém lesões e 4 o elemento está em estado crítico (estado crítico não quer dizer que o elemento está próximo à ruptura), para determinar esse valor, é necessário seguir o Quadro 3 e determinar o valor numérico de acordo com a abrangência do dano.

Quadro 3a – Classificação dos danos e fatores de intensidade (Fi) .

Tipo de danos	Fator de intensidade do dano – Tipos de manifestações
Carbonatação	1 – localizada, com algumas regiões com pH<9, sem atingir a armadura; 2 – localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3 – localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4 – generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Cobrimento deficiente	1 – menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2 – menor que o previsto em norma, permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3 – deficiente com armadura exposta em extensões significativas.
Contaminação por cloretos	2 – em elementos no interior sem umidade; 3 – em elementos no exterior sem umidade; 4 – em ambientes úmidos.
Corrosão de armaduras	2 – manifestações leves; 3 – grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4 – corrosão acentuada na armadura principal, c/perda relevante de seção
Desagregação	2 – início de manifestação; 3 – manifestações leves; 4 – por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto.
Deslocamento por empuxo	3 – deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, estável; 4 – deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, instável;

Fonte: Boldo (2002, p. 149).

Quadro 3b – Classificação dos danos e fatores de intensidade (Fi) .

Desvios de geometria	2 – pilares e cortinas com excentricidade $\leq h/100$ (h=altura); 3 – pilares e cortinas com excentricidade $h/100 \leq e < h/50$; 4 – pilares e cortinas com excentricidade $\geq h/50$.
Eflorescência	1 – início de manifestações; 2 – manchas de pequenas dimensões; 3 – manchas acentuadas, em grandes extensões; 4 – grandes formações de crostas de carbonato de cálcio.
Esfoliação	2 – pequenas escamações do concreto; 3 – lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura; 4 – lascamento acentuado com perda relevante de seção.
Fissuras	1 – aberturas menores do que as máximas previstas em norma; 2 – estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma; 3 – aberturas excessivas, estabilizadas; 4 – aberturas excessivas, não estabilizadas.
Flechas	1 – não perceptíveis a olho nu; 2 – perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos na norma; 3 – superiores em até 40% às previstas na norma; 4 – excessivas.
Impermeabilização deficiente	2 – danos na camada protetora e/ou perda de elasticidade do material da impermeabilização; 3 – descontinuada, degradada em alguns pontos (pontos de infiltração); 4 – degradação acentuada, com perda relevante da estanqueidade.
Infiltração	1 – indícios de umidade; 2 – pequenas manchas; 3 – grandes manchas; 4 – generalizada.
Infiltração na base	3 – indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 4 – vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto as fundações.
Manchas	2 – manchas escuras de pouca extensão, porém significativas (<50% da área visível do elemento estrutural); 3 – manchas escuras de grande extensão (>50%); 4 – manchas escuras em todo o elemento estrutural (100%).
Obstrução de juntas de dilatação	2 – perda de elasticidade do material da junta; início de fissuras paralelas às juntas nas lajes adjacentes; 3 – presença de material não compressível na junta; grande incidência de fissuras paralelas às juntas nas lajes adjacentes; 4 – fissuras em lajes adjacentes às juntas, com prolongamento em vigas e/ou pilares de suporte.
Recalques	2 – indícios de recalque pelas características das trincas na alvenaria; 3 – recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais; 4 – recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
Segregação do concreto	1 – superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2 – significativa em relação às dimensões da peça; 3 – profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4 – perda relevante da seção da peça.
Sinais de esmagamento do concreto	3 – desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da estrutura; fissuras diagonais isoladas; 4 – fissuras de cisalhamento bidiagonais, com intenso lascamento e/ou esmagamento do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de material; deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
Vazamentos em reservatórios	2 – indícios de umidade nas paredes e fundo; 3 – umidade significativa nas paredes e fundo; 4 – ocorrência generalizada.

Fonte: Boldo (2002, p. 149).

Com esses valores, é determinado o grau de dano de cada elemento utilizando as equações 1 e 2 para os diferentes intervalos do fator de intensidade.

$$D = 0,4 \times Fi \times Fp \quad \text{para } Fi \leq 2,0 \quad (1)$$

$$D = (6Fi - 14) \times Fp \quad \text{para } Fi > 2,0 \quad (2)$$

D = grau de dano Fi = Fator de intensidade Fp = Fator de potência

Utilizando os valores calculados, determina-se o GDE (Grau de deterioração do elemento estrutural isolado) para cada elemento de acordo com a equação 3.

$$Gde = Dmáx \times \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m D(1) - Dmáx}{\sum_{i=1}^m D(1)} \right] \quad (3)$$

Dmáx = Maior fator de dano do elemento m = Quantidade de danos

A partir dos valores do Gde, é determinado o nível de deterioração de cada elemento, classificando-se entre baixo, médio, alto e crítico, em que para cada nível é recomendado um prazo para que seja corrigida a manifestação patológica existente, os prazos a serem seguidos estão presentes no Quadro 4.

Quadro 4 – Classificação dos níveis de deterioração do elemento.

Nível de deterioração	Gde	Ações a serem adotadas
Baixo	0-15	Estado aceitável
Médio	15-50	Observação periódica e intervenção e médio prazo
Alto	50-80	Observação periódica minuciosa e intervenção a curto prazo
Crítico	>80	Intervenção imediata para restabelecer a funcionalidade e/ou segurança

Fonte: Boldo (2002, p. 54).

Depois de calculados os níveis de deterioração de cada elemento, utiliza-se a equação 4, para determinar o grau de deterioração de uma família de elementos estruturais (GDF). Nessa equação, são excluídos os valores menores ou iguais a 15, pois eles se encontram num estado aceitável para esta verificação, não necessitando de um prazo para sua correção (além do prazo obrigatório de manutenção preventiva).

$$GDF = GDE_{\text{máx}} \times \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^n Gde(i) - Gde_{\text{máx}}}{\sum_{i=1}^n Gde(i)} \right] \quad (4)$$

GDE_{máx} = Maior grau de deterioração do elemento

N = Número de elementos

GDE = Grau de deterioração do elemento

Após definidos os valores de deterioração de cada família, aplica-se um fator de relevância, que varia de 1 a 5, em que 5 é a família de maior importância estrutural para o edifício e 1 é a família de menor importância, esses valores são pré determinados segundo o Quadro 5 a seguir:

Quadro 5 – Fator de relevância estrutural.

Família de elementos	Fator de Relevância
Elementos de composição arquitetônica	Fr = 1,0
Reservatório superior	Fr = 2,0
Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias	Fr = 3,0
Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários	Fr = 4,0
Vigas e pilares principais	Fr = 5,0

Fonte – adaptada de Castro (1994, p. 33).

Para definir o Grau de deterioração da estrutura (Gd) e finalizar o Método GDE, calcula-se a soma do grau de deterioração de cada família, multiplicada pela sua importância e dividido pela soma dos fatores de relevância utilizados, de acordo com a equação 5. Definido o valor, a estrutura é classificada em seu nível de deterioração como baixo, médio, alto e crítico, em que cada nível especifica um prazo para que seja feita a intervenção da estrutura, conforme especificado na Quadro 5.

$$Gd = \frac{\sum_{i=1}^k Fr(i) \times Gdf(i)}{\sum_{i=1}^k Fr(i)} \quad (5)$$

Gd = Grau de deterioração da estrutura k = Número de famílias

Fr = Fator de relevância

Gdf = Grau de deterioração da família

Quadro 5 – Classificação dos níveis de deterioração da estrutura.

Nível de deterioração	Gd	Ações a serem adotadas
Baixo	0-15	Estado aceitável
Médio	15-40	Observação periódica e intervenção a médio prazo
Alto	40-60	Observação periódica minuciosa e intervenção a curto prazo
Crítico	>60	Intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Fonte: Boldo (2002, p. 55).

Para facilitar o processo dos cálculos e a demonstração dos resultados, foram utilizadas tabelas feitas no programa Microsoft Excel que efetuou todos os cálculos necessários a partir da escolha do fator de ponderação e do fator de intensidade de cada patologia em cada uma das famílias.

As tabelas foram divididas de forma que houvesse uma tabela para cada edifício e para cada família de elementos, compostas por: nome da família, quantidade de elementos danificados, possíveis danos, fator de ponderação (Fp), fator de intensidade (Fi), fator de relevância, grau do dano (D), grau de deterioração do elemento (Gde), nível de deterioração e grau de deterioração da família (Gdf). E ainda posteriormente, uma tabela que utilizasse os resultados anteriores pra calcular o grau de deterioração de toda a estrutura (Gd).

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Edifício A

Neste edifício foram encontrados danos relevantes apenas nos pilares e nas vigas, por isso, outros elementos, como escadas, reservatórios e juntas de dilatação, não estão presentes nos cálculos.

5.1.1 Vigas

Quadro 6 – Determinação do Gde e Gdf das vigas do Edifício A.

Local		Edifício A																					
Vigas / Fator de relevância = 5		Viga 01		Viga 02		Viga 03		Viga 04		Viga 05		Viga 06		Viga 07		Viga 08		Viga 09		Viga 10			
Danos	Fp	Fi-01	D-01	Fi-02	D-02	Fi-03	D-03	Fi-04	D-04	Fi-05	D-05	Fi-06	D-06	Fi-07	D-07	Fi-08	D-08	Fi-09	D-09	Fi-10	D-10		
Carbonatação	7		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		
Cobrimento deficiente	6		0	1	2			0	1	2		0		0		0	2	5	2	5		0	
Contaminação por cloretos	10		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		
Corrosão de armaduras	7		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		
Desagregação	7		0		0		0		0		0		0	2	6		0		0		0		
Eflorescência	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		
Esfoliação	8		0		0		0		0		0	2	6		0		0		0		0		
Fissuras	10		0	1	4		0		0		0		0		0		0		0		0		
Flechas	10		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		
Infiltração	6	3	24		0	3	24		0	2	5		0		0		0		0	3	24		
Manchas	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		
Segregação	4		0		0		0		0		0		0		0		0	2	3		0		
		Gde	24	Gde	6	Gde	24	Gde	2	Gde	5	Gde	6	Gde	6	Gde	5	Gde	7	Gde	24		
Nível de Deterioração		Médio		Baixo		Médio		Baixo		Baixo		Baixo		Baixo		Baixo		Baixo		Médio			
																						Gdf	40

Fonte: Produzido pelo Autor.

Foram encontradas 10 vigas danificadas, como se pode ver na Quadro 6, o problema de maior preocupação nas vigas foi a infiltração, que deixou o grau de deterioração das mesmas no valor 24 que é considerado como nível médio de deterioração. Apesar de terem sido encontrados outros problemas, eles foram descartados para o cálculo final, já que os elementos de nível baixo são dispensados para o cálculo do Grau de Deterioração da Família.

5.1.2 Pilares

Quadro 7 – Determinação do Gde e Gdf dos pilares do Edifício A.

Local	Edifício A																						
Pilares / Fator de Relevância = 5	Pilar 01		Pilar 02		Pilar 03		Pilar 04		Pilar 05		Pilar 06		Pilar 07		Pilar 08		Pilar 09		Pilar 10		Pilar 11		
Danos	Fp	Fi-01	D-01	Fi-02	D-02	Fi-03	D-03	Fi-04	D-04	Fi-05	D-05	Fi-06	D-06	Fi-07	D-07	Fi-08	D-08	Fi-09	D-09	Fi-10	D-10	Fi-11	D-11
Carbonatação	7		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
Cobrimento deficiente	6		0	1	2		0		0		0		0	1	2	2	5		0	2	5		0
Contaminação por cloretos	10		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
Corrosão de armaduras	7		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
Desagregação	7		0		0	3	28	3	28		0		0		0		0		0		0		0
Desvio geométrico	8	3	32		0		0		0	3	32		0	2	6		0	3	32		0	3	32
Eflorescência	5		0		0	2	4		0		0		0		0		0		0		0		0
Esfoliação	8		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
Fissuras	10		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
Infiltração na base	6		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
Manchas	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
Recalque	10		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
Segregação	6		0		0		0		0		0	1	2		0		0		0		0		0
Sinais de esmagamento	10		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Gde	32	Gde	2	Gde	32	Gde	28	Gde	32	Gde	2	Gde	8	Gde	5	Gde	32	Gde	5	Gde	32
Nível de Deterioração		Médio		Baixo		Médio		Médio		Médio		Baixo		Baixo		Baixo		Médio		Baixo		Médio	
																							Gdf

Fonte: Produzido pelo Autor.

O maior problema encontrado nos pilares foi o desvio geométrico, deixando 4 pilares com o grau de deterioração no nível médio, além disso, outros 2 pilares

com problema de desagregação também ficaram com nível médio de deterioração. O grau de deterioração da família de pilares foi o mais elevado do edifício A.

5.1.3 Grau de deterioração da estrutura

Quadro 8 – Determinação do Gd do Edifício A.

Edifício A			
Grau de Deterioração da Estrutura			
Família	Gdf	Fr	Gdf x Fr
Vigas	40	5	200
Pilares	59	5	293
Total		10	493
		Gd	49

Fonte: Produzido pelo Autor.

A determinação do grau de deterioração da estrutura foi de 49, considerado nível de deterioração alto de acordo com a Quadro 5, para isso, é recomendado que seja feita uma intervenção em curto prazo, no máximo em 1 ano. Apresenta-se nas figuras 5 a 8 algumas manifestações patológicas encontradas no edifício.

Figura 5 – Pilar com Desvio Geométrico.



Fonte: Produzida pelo Autor.

Figura 6 – Pilar com eflorescência.



Fonte: Produzida pelo Autor.

Figura 7 – Elementos com cobrimento deficiente.



Fonte: Produzida pelo Autor.

Figura 8 – Viga com cobrimento deficiente.



Fonte: Produzida pelo Autor.

5.2 Edifício B

Apesar de não termos acessos às áreas privadas do edifício, neste, pudemos vistoriar sua cobertura, a fim de encontrar maior quantidade de danos e tornar o estudo em questão o mais preciso possível. Nesta edificação, foram encontradas manifestações patológicas estruturais apenas nas vigas, pilares e lajes.

5.2.1 Vigas

Quadro 9 – Determinação do Gde e Gdf das vigas do Edifício B.

Local		Edifício B														
Vigas / Fator de relevância = 5		Viga 01		Viga 02		Viga 03		Viga 04		Viga 05		Viga 06		Viga 07		
Danos	Fp	Fi-01	D-01	Fi-02	D-02	Fi-03	D-03	Fi-04	D-04	Fi-05	D-05	Fi-06	D-06	Fi-07	D-07	
Carbonatação	7		0		0		0		0		0		0		0	
Cobrimento deficiente	6		0		0		0		0		0	1	2	2	5	
Contaminação por cloretos	10		0		0		0		0		0		0		0	
Corrosão de armaduras	7		0		0		0		0		0		0		0	
Desagregação	7		0		0		0		0	3	28		0		0	
Eflorescência	5		0		0		0		0		0		0		0	
Esfoliação	8	3	32		0	2	6	2	6		0		0		0	
Fissuras	10	2	8		0		0		0		0		0		0	
Flechas	10		0		0		0		0		0		0		0	
Infiltração	6		0		0		0		0		0		0		0	
Manchas	5		0		0		0		0		0		0		0	
Segregação	4		0	2	3		0	2	3		0		0		0	
		Gde	38	Gde	3	Gde	6	Gde	9	Gde	28	Gde	2	Gde	5	
Nível de Deterioração		Médio		Baixo		Baixo		Baixo		Médio		Baixo		Baixo		
															Gdf	55

Fonte: Autor.

Dentre as vigas verificadas no Edifício B, houveram duas relevantes para o cálculo, uma com grau de deterioração 38, devido a esfoliação e fissuras e a outra viga com grau 28, devido a desagregação.

5.2.2 Pilares

Quadro 10 – Determinação do Gde e Gdf dos pilares do Edifício B.

Local		Edifício B							
Pilares / Fator de Relevância = 5		Pilar 01		Pilar 02		Pilar 03		Pilar 04	
Danos	Fp	Fi-01	D-01	Fi-02	D-02	Fi-03	D-03	Fi-04	D-04
Carbonatação	7		0		0		0		0
Cobrimento deficiente	6		0		0		0		0
Contaminação por cloretos	10		0		0		0		0
Corrosão de armaduras	7		0		0		0		0
Desagregação	7	3	28	3	28		0	3	28
Desvio geométrico	8		0		0	1	3		0
Eflorescência	5		0		0	1	2		0
Esfoliação	8		0		0		0		0
Fissuras	10		0		0		0		0
Infiltração na base	6		0		0		0		0
Manchas	5		0		0		0		0
Recalque	10		0		0		0		0
Segregação	6				0		0	2	5
Sinais de esmagamento	10		0		0		0		0
		Gde	28	Gde	28	Gde	4	Gde	32
Nível de Deterioração		Médio		Médio		Baixo		Médio	
								Gdf	53

Fonte: Autor.

O dano de maior importância encontrado entre os pilares, foi a desagregação do concreto, que entre suas causas, é destacada a movimentação das formas, corrosão, ataques biológicos, carbonatação, perda de aderência e desgaste do concreto. Apenas quatro pilares foram registrados com problemas e um deles ficou com seu nível de deterioração baixo.

5.2.3 Lajes

Quadro 11 – Determinação do Gde e Gdf das lajes do Edifício B.

Local		Edifício B														
Lajes / Fator de Relevância = 4		Laje 01		Laje 02		Laje 03		Laje 04		Laje 05		Laje 06		Laje 7		
Danos	Fp	Fi-01	D-01	Fi-02	D-02	Fi-03	D-03	Fi-04	D-04	Fi-05	D-05	Fi-06	D-06	Fi-07	D-07	
Carbonatação	7		0		0		0		0		0		0		0	
Cobrimento deficiente	6		0		0		0		0		0		0	2	5	
Contaminação por cloretos	10		0		0		0		0		0		0		0	
Corrosão de armaduras	7		0		0		0		0		0		0		0	
Desagregação	7		0		0		0		0		0		0		0	
Eflorescência	3	1	1		0		0		0	1	1	2	2		0	
Esfoliação	8	2	6		0		0		0		0		0		0	
Fissuras	10		0	1	4	1	4		0		0		0		0	
Flechas	10		0		0		0		0		0		0		0	
Infiltração	6		0		0		0	3	24	2	5		0		0	
Manchas	5		0		0		0		0		0		0		0	
Segregação	5		0		0		0		0		0	1	2		0	
		Gde	7	Gde	4	Gde	4	Gde	24	Gde	6	Gde	3	Gde	5	
Nível de Deterioração		Baixo		Baixo		Baixo		Médio		Baixo		Baixo		Baixo		
															Gdf	24

Fonte: Autor.

Assim como no pilar, nas lajes só teve um tipo de dano que se destacou em relação aos outros, foi a infiltração, das sete lajes registradas com manifestações patológicas, apenas uma teve o nível de deterioração relevante devido a presença de grandes manchas de infiltração.

5.2.4 Grau de deterioração da estrutura

Quadro 12 – Determinação do Gd do Edifício B.

Edifício B			
Grau de Deterioração da Estrutura			
Família	Gdf	Fr	Gdf x Fr
Vigas	55	5	273
Pilares	53	5	263
Lajes	24	4	96
	Total Σ	14	631
		Gd	45

Fonte: Autor.

O Edifício B, teve um grau de deterioração um pouco mais baixo que o Edifício A, no valor de 45, de acordo com o Quadro 5 ele também está classificado

como nível de deterioração alto, exigindo assim, que seja feita intervenção em curto prazo, no máximo 1 ano. Apresenta-se nas figuras 9 a 12 algumas manifestações patológicas encontradas no prédio.

Figura 9 – Viga com fissuras.



Fonte: Produzida pelo Autor.

Figura 10 – Elemento com eflorescência e esfoliação.



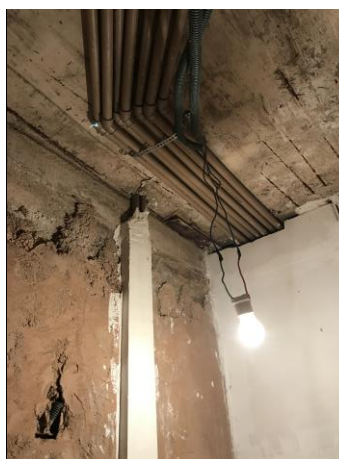
Fonte: Produzida pelo Autor.

Figura 11 – Laje com Infiltração.



Fonte: Produzida pelo Autor.

Figura 12 – Laje com cobertura deficiente.

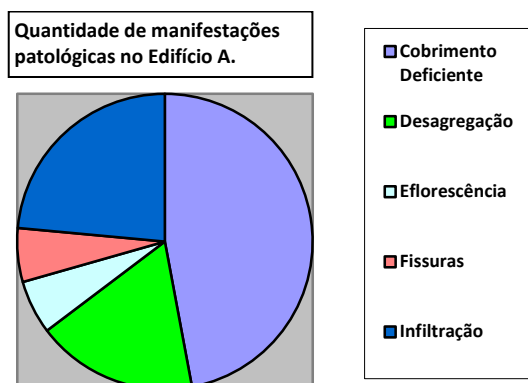


Fonte: Produzida pelo Autor.

5.3 Comparativo de deterioração entre as edificações

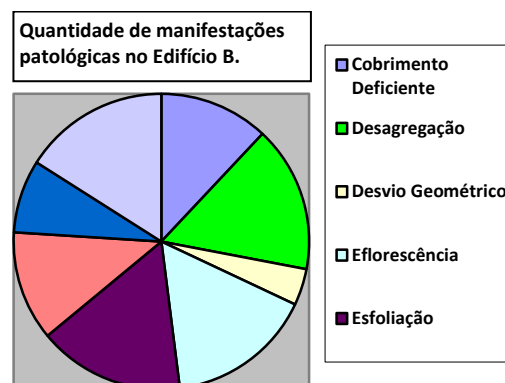
Para melhor representar as manifestações patológicas das duas edificações visto que elas contêm características semelhantes quanto a localização, época da construção, tipo de uso, porte das edificações e irregularidade quanto a documentação técnica, apresenta-se nos gráficos 1 e 2, a proporção de danos estruturais encontrados nos prédios.

Gráfico 1 – Quantidade de danos no Edifício A



Fonte: Produzido pelo Autor.

Gráfico 2 – Quantidade de danos no Edifício B.

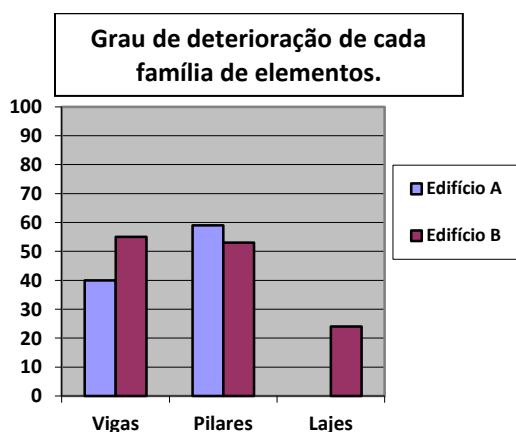


Fonte: Produzido pelo Autor.

De acordo com os gráficos, foi possível verificar que no Edifício A houve uma grande proporção de problemas com cobertura do aço e também com infiltração enquanto no Edifício B constata-se uma maior variedade de manifestações patológicas de proporções mais próximas.

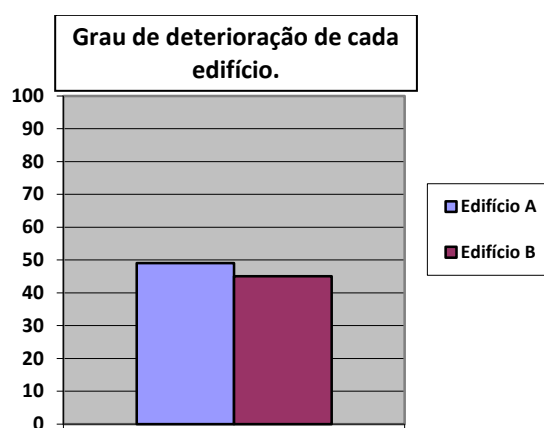
Sabendo-se que os valores dos graus de deterioração de cada elemento são refletidos no grau de deterioração da família em que o elemento se encontra, está apresentado a seguir um gráfico comparativo dos graus de deterioração de cada família de elementos, sendo eles, vigas, pilares e lajes para cada edifício. Em seguida os gráficos 3 e 4 possibilitam comparar os graus de deterioração entre os edifícios.

Gráfico 3 – Gdf de cada edifício.



Fonte: Produzido pelo Autor.

Gráfico 4 – Gd de cada edifício.



Fonte: Produzido pelo Autor.

Verifica-se que o Edifício A, executado sem o auxílio apropriado dos projetos e correto acompanhamento na execução, obteve um valor maior de deterioração apenas entre os pilares e não sendo encontrada deterioração estrutural

relevante nas lajes. O Edifício B possui grau de deterioração mais elevado nas vigas e nas lajes que em sua maioria são retratados por manchas extensas de infiltração. Como se pode ver no Gráfico 4, o grau de deterioração do Edifício A ficou pouco superior ao grau do Edifício B.

6 CONCLUSÃO

Após análise dos valores de deterioração da estrutura dos edifícios avaliados e de acordo com seus graus de deterioração, pode-se concluir:

O primeiro edifício vistoriado, Edifício A, teve uma má execução devido a falta de projetos e acompanhamento apropriado, visto a quantidade de pilares com desvio geométrico. Além disso, outro dano relevante foi a quantidade de infiltração nas vigas e nas lajes, manifestação patológica essa que poderia ter sido reparada antes do aumento de sua intensidade com a existência de um plano de manutenção adequado, uma vez que a maior parte dessas infiltrações encontram-se com fator de intensidade 3, valor que se refere a manchas extensas de infiltração. Esse danos refletiram em um alto grau de deterioração da estrutura, no valor de 49, exigindo que sejam feitas intervenções em curto prazo, período de até 1 ano.

O Edifício B, que foi executado com auxílio de projetos estruturais, aparentava estar em melhores condições que o primeiro edifício, foram encontrados muitos danos de desagregação nas vigas e pilares, que aumentaram consideravelmente o grau de deterioração da estrutura, além de alguns danos pontuais de esfoliação e infiltração. A soma desses fatores, acarretou em um grau de deterioração da estrutura no valor 45, pouco menor que o do edifício A, considerado alto, exigindo que seja feita uma intervenção em até 1 ano na edificação.

EVALUATION OF TWO IRREGULAR BUILDING'S STRUCTURE OF MIXED USE FROM THE UTILIZATION OF GDE (DEGREE OF ELEMENT DETERIORATION) METHOD

Gabriel Leal Machado*

ABSTRACT

This paper reports a process used to verify the degree of reinforced concrete deterioration of two different mixed use buildings, conducted based on the methodology of Klein at al. (1991) and adapted from master's studies carried out at University of Brasília (UNB). The method aims evaluate the pathological manifestations that exists according to their classification, intensity and relevance of the element. This evaluation converts each one of the damage in numerical values and, according to some tables, makes it possible to verify the degree of deterioration in which every element and structure as a whole are. Due to the restriction of access to the particular areas of the edifications, this paper was executed only in the external areas and common areas of the buildings. The results indicate that Building A, the first surveyed building, obtained a deterioration degree (Gd) of 42, mainly due to the deterioration between the pillars, not finding any relevant deterioration in the slabs, while Building B presented Gd of 45, being the grade of deterioration higher in the beams and the slabs. According to the results obtained executing the method, it was possible to verify the lack of quality during the construction and use of the buildings.

Key words: Method of structure deterioration degree. Pathological manifestation. Level deterioration.

* Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, execução e manutenção de edificações , sob orientação da Prof^a. Dra. Neusa Mota

REFERÊNCIAS

BOLDO, P. Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do exercício brasileiro. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

CASTRO, E. K. Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

KLEIN, D., GASTAL, F., CAMPANOLO, J. L. & SILVA FILHO, L. C. Critérios adotados na vistoria de obras de arte. Porto Alegre, Brasil, 1991.

LOPES, B. A. R. Sistema de Manutenção Predial para Grandes Estoques de Edifícios: Estudo para inclusão do componente “Estrutura de Concreto”. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

MOKDISSI NETO, E. H. Avaliação quantitativa e qualitativa das manifestações patológicas de um edifício residencial no Distrito Federal: Estudo de Caso. Graduação – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2013.

NBR 5674:2012 - Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, Brasil, 2014.